

# **Unterstützung bei der Ansiedlung von Characeen (Chara /Nitella-Arten)**

## **Bericht 4**



July 15, 2002

## **INHALTSVERZEICHNIS**

### **6.4 Unterstützung bei der Ansiedlung von Characeen (Chara /Nitella-Arten)**

#### **6.4. 1 Rückblick und Zusammenfassung Oktober 2001 bis July 2002**

- 6.4. 1.1 Begleitende Versuche
- 6.4. 1.2 Wachstum und Regenerationskraft
- 6.4. 1.3 Chemische Bedingungen des Wassers
- 6.4. 1.4 Keimungsbedingungen von Oosporen
- 6.4. 1.5 Schlussfolgerungen

## **LISTE der TABELLEN**

- |          |   |
|----------|---|
| Table 1  | Characteristics of sediment and surface water overlying Characean populations sampled in October 2002 |
| Table 2  | Chara biomass and growth rate for lab culture experiment  |
| Table 3  | Nutrient concentration of water collected from field populations, October 2001                        |
| Table 4a | Chara lab cultures - changes in top water (0 - 5 cm) chemistry with time                              |
| Table 4b | Changes in chemistry of bulk sediment in lab Chara cultures   |
| Table 5a | Changes in chemistry of 0 - 5 cm top water of artificial sediment                                     |
| Table 5b | Changes in chemistry of 0-5 cm sediment of artificial sediment  |

## **LISTE der FIGUREN**

- |          |   |
|----------|---|
| Figure 1 | Comparison of water chemistry between top water |
|----------|---|

- (1cm above sediment) and pore water (0-1cm sediment) 111 days after Chara culture set-up
- Figure 2 [P] in top and pore water collected 22-Apr-02
- Figure 3 Comparison of elements in water and Chara, October 2001
- Figure 4 Comparison of Ca, Mn, Na, S and Mg between water and Chara
- Figure 5 Oospore germination factors (1994 and 2001 results)

### **LISTE der APPENDIX**

- Appendix Abstract and References
- App-Table 1 Chemistry of top water collected on 22-Apr-02
- App-Table 2 Chara lab cultures - comparison of water and pore water [P] 22-Apr-02
- App-Table 3a Elemental concentration in water and Chara, October 2001(>detection limits)
- App-Table 3b Elemental concentration in water and Chara, October 2001(<detection limits)
- App-Table 4 Elemental concentrations of Chara and corresponding water and sediments

### **LISTE der MAP**

- Map 1 Sampling locations

## 6.4 Unterstützung bei der Ansiedlung von Characeen (Chara /Nitella-Arten)

### 6.4. 1 Rückblick und Zusammenfassung Oktober 2001 bis July 2002

Um die Leistung (Unterstützung bei der Ansiedlung von Characeen) zu erbringen, sind seit dem Anfang unserer Zusammenarbeit viele e-mails und einzelne Dokumente abgeliefert worden. Oosporen wurden geliefert und Versuche wurden angesetzt im Wismuth Labor. Die Versuche wurden ferngesteuert durch Diskussionen die wir zum Teil von den gleichzeitig hier laufenden Versuchen und unserer Erfahrung abgeleitet haben. Wir haben in auch Oosporen geliefert für die Versuche.

Die Ansiedlung von Characeen in der Natur ist meistens nur auf Grund von Beobachtungen von Ökologen dokumentiert, doch keine Information liegt vor über die chemischen Bedingungen des Sedimentes und des Wassers. Als erstes war es deshalb die Aufgabe die Literatur zusammen zu fassen in Bezug auf Besiedlung von unbewachsenen Sedimenten und welche Faktoren bei dieser Besiedlung wichtig sein konnten. Von den Reschärschen hat sich ergeben, dass diese für uns wichtige Fragen in der Literatur nicht vorzufinden sind.

In der Literatur findet man generelle Aussagen, wie zum Beispiel dass die Characeen Pioneer Wasserpflanzen seien, wenn die Bedingungen richtig sind, d. h. das Wasser im alkalischen Bereich wird besiedelt von Chara. Für die Ansiedlung in dem neuen Pöhla Becken sind das nicht hinreichende Angaben. Was für eine Struktur und elementare Zusammensetzung die Sedimente haben ist auch nicht dokumentiert.

#### 6.4. 1.1 Begleitende Versuche

Um die Arbeit für die Besiedelung des geplanten Beckens wenigstens auf Grund von relevanten Beobachtungen zu fundieren, wurde eine Exkursion nach Timmins (Ontario) gestartet von 25st Oktober bis 27st Oktober 2001 um Characeen von verschiedenen Seen und Tailings ponds zu sammeln. Boojum hat sich in diesem Gebiet ausgiebig mit Chara Untersuchungen im Feld

befasst. Sediment (40 L bis 60 L) und Biomasse wurden ins Labor gebracht und einige einfache Versuche wurden angesetzt.

Die Karte 1 gibt die Standorte der Chara Populationen in der Region Timmins und eine weitere Population wurde in Sud -Ontario vom Lake St. Clair gesammelt. In Tabelle 1 sind die 7 verschiedenen Populationen beschrieben. Die Populationen kommen in ganz sauberen Seen vor wie zum Beispiel Irrigation Lake und Middle Tripple Lake und sie kommen natürlich in verschiedenen Bergbau Sickerwassern und Tailings ponds vor. Der pH wert des Wassers in dem sie vorkommen spannt zwischen 6.8 and 8.0 und einer Leitfähigkeit von 121 bis 2850 uS/cm. Von den Beschreibungen des Sedimentes auf denen die Algen wachsen geht hervor, dass sie auf organischen, aktive reduzierenden (Smell) und auch auf Tailings (Langmuir and Schumacher) wachsen. Die L.O.I Werte reflektieren auch eine weite Spannweite von 1 % bis hin zum 26 %. Das Sediment hat einen leicht negativen Eh Wert und die Leitfähigkeit ist dem Wasser angepasst. Alle Sedimente mit einer Ausnahme (Irrigation Lake) haben Oosporen, und es ist nicht auszuschließen dass das Zufall ist. Die Dichte von Oosporen im Sediment wurde bestimmt und ein Konzentrat wurde hergestellt, um dieses als Saatmaterial für das geplante Becken zu benutzen. Die verschiedenen Populationen zeigen große Unterschiede in der Dichte von Oosporen. Was der Grund dafür ist, ist nicht geklärt, da der Auslöser der Oosporen Formation auch nicht in der Literatur beschrieben ist.

In der letzten Kolonne von der Tabelle 1 ist die gewachsene Biomasse angegeben, die von der Biomasse vom Feld gewachsen ist in den 5.0 L Aquarien, die im Labor angesetzt wurden. Die Reihenfolge der ganzen Datenauswertung ist gemacht unter der Annahme dass die am besten wachsende Population die besten Anzeiger von den Bedingungen sind die am besten sind, wenn verglichen mit denen die am schlechtesten wachsenden Populationen. Diese Annahme ist sicher nicht falsch aber sie schließt andere Faktoren, die nicht beschrieben wurden nicht aus, zum Beispiel die Geschichte der Populationen im Feld oder genetische Unterschiede. Ideal wäre, wenn nachdem diese Arbeit abgeschlossen ist, die Populationen noch einmal, jetzt im Sommer, beobachtet wurden. Aus den vorliegenden Beobachtungen geht hervor, dass die einfach messbaren Parameter im Sediment, wie Gehalt von Organic (L.O.I) nicht direkt mit dem

besten Wachstum verbunden sind und auch die Leitfähigkeit scheint nicht ein wichtiger Faktor zu sein.

#### **6.4. 1.2 Wachstum und Regenerationskraft**

Nachdem die erste Biomasse gewachsen war bis an die Oberfläche der Aquarien, wurde die geerntet und beobachtet welche Populationen wachsen wieder nach (Tabelle 2). Nicht gewachsen sind zwei Populationen (IRRL und MTL) . Der Grund dazu lag nicht an den gemessenen Parametern, sondern dass die Aquarien mit Blaualgen überwachsen wurden. Also hat dieser einfache Versuch gezeigt, dass Blaualgen und Characean nicht zusammen passen.

Obwohl dieser Versuchsansatz ganz einfach ist, zeigt er , dass es ganz gewisse Bedingungen braucht, dass Regeneration der Populationen passiert, da nur zwei Populationen neue Biomasse produziert hat, obwohl alle Sedimente ( außer IRRL ) Oosporen hatte. Die Resultate dieser Versuche stellen klar, dass nicht jede Population gleiches Wachstum und Regenerations-Vermögen hervorzeigt. Die Populationen die in Tailings ponds Sickerwassern oder Bergbauabwasser wachen (Schumaker 2 und Little Perl lake) scheinen die besten Wachstumsraten zu haben umgerechnet von den Aquarien auf 1 g bis 2 g Biomasse pro Quadrat Meter pro Tag, doch Regenerations- Vermögen ist bei Schumaker 1 vorhanden, was nicht der Fall ist in Schumaker 2 mit starkem Wachstum. Diese Resultate weisen darauf hin, dass die Wachstums-Fähigkeit und die Regenerations- kraft, entweder von Oosporen oder der übrig gebliebenen Biomasse nicht mit einander zusammen hängen. Für die Besiedlung des Pohla Beckens und den Fortbestand der Populations- sind aber beide Faktoren wichtig: a) Wachsen der Biomasse und b) die Regenerations- Kraft. Es ist vorgesehen, das Pohla Becken durch Oosporen zu besiedeln, doch dann auch die Regenerations-Kraft der Populations- in den Versuchs-Becken (1m<sup>3</sup> Containers) zu testen. Die Charakterisierung der Keim-Fähigkeit der Oosporen ist untersucht worden und wird im Sektion 6.4.1.4 behandelt.

#### **6.4. 1.3 Chemische Bedingungen des Wassers**

Als erstes wurde man sagen, dass man sich auf die klassischen Nahrungsstoffe einstellen wurde. In Figur 1 ist das Porenwasser (zentrifugiert) verglichen zum Aquarienwasser in Bezug auf pH, Eh, Leitfähigkeit, Phosphat und Alkalinität. Die Biomasse wurde angesetzt auf dem Sediment vom respektiven Sammelstellen und mit Leitungswasser aufgefüllt. Wenn sich Unterschiede zeigen sollten, dann wäre es zu erwarten, dass von dem Sediment Nahrungsstoffe ausgelöst werden, die wichtig sind für das Wachstum. Die Reihenfolge in den Histogrammen ist gegeben, vom besten Wachstum (Little Perl Lake LPL) bis zu keinem Wachstum (IRRL und MTL).

Der pH Wert ist nicht der springende Punkt in Bezug auf das Wachstum. Unterschiede in dem Eh Wert, zwischen der obersten Schicht und dem Wasser sind auch nicht maßgebend. Die Leitfähigkeit konnte ein Faktor sein, da die höchste Leitfähigkeit auch mit besserem Wachstum übereinstimmt. Die Phosphat Werte hingegen scheinen nicht wichtig zu sein und auch die Alkalinität im Porenwasser und dem Wasser ist nicht mit dem Wachstum verbunden. Die Nährstoffe in dem Sickerwassern oder den Seen wo die Populationen gewachsen sind in Tabelle 3 aufgeführt. Hier sind die Population von LPL und Schumacher 2 nicht diejenigen, die mit den höchsten Phosphat Werten übereinstimmen. Es liegt also auch nicht an der Wasser - Zusammensetzung vom Sammelplatz in Bezug auf Phosphat die zur wachstums-kraftiger Biomasse führt.

In Figur 1 ist zu sehen, dass die Langmuir Sedimente viel Phosphat freigesetzt haben. Wenn man eine ganz detaillierte Porenwasser Analyse macht findet man in den tieferen Schichten des Sedimentes im Aquarium (0 to 1 cm und 1 cm am Boden) etwas mehr Phosphate als im Aquarien Wasser (Figur 2). Doch das ist der Fall für alle Sedimente, auch für die, die keinen Wachstum unterstützt haben. Diese Beobachtungen weisen auch drauf hin, dass nicht nur in Bezug auf Wachstum sondern auch in Bezug auf Regeneration die Nahrung im Wasser und vom Sediment alleine nicht eindeutig verantwortlich sind für das Wachstum der Algen.

Um vielleicht etwas näher and Wachstums-Kontrollierende Faktoren zu kommen kann man die Zusammensetzung der Elemente in den Algen mit den Konzentrationen der Elemente im Wasser vergleichen. In Figur 3 haben wir diesen Vergleich gemacht und dargestellt auf einer logarithmischen Scala. Die genauen Werte sind in Tabelle 3 a im Appendix gegeben. Diese

Auswertung vom Gehalt der Elemente in der Biomasse und des Wassers konnten einen Hinweis geben, dass vielleicht Wachstum von den Algen ein Verhältnis mit den Konzentrationen von Na, Mg, S und Ca hat da für diese Elemente die niedrigsten Wasser Konzentrationen im Verhältnis zur Konzentration in der Biomasse vorhanden sind. Es ist auch zu bemerken, dass die Biomasse von MTL den niedrigsten sulphate Wert hat mit 100 mg/g Biomasse (Figur 3) und auch alle anderen Gehalte in der Biomasse von den analysierten Proben (Figur 4) haben höhere Konzentrationen in der Nahe von 1000 mg/g (bemerke Log Scale). Diese Ableitung geht von der Annahme aus, die sicher gerechtfertigt ist, dass die Biomasse eine Arten spezifische elementare Komposition besitzt. Da Natrium sehr wichtig ist für den Transport von material in und aus der Zelle heraus, es konnte also sein dass das ein Faktor ist der wichtig ist. Das konnte auch der Fall sein für sulphate und Mg, die wichtig sind in der Zellstruktur und diese Elemente sind wieder das MTL am niedrigsten. Da sulphate in Pohla nicht so hoch ist, konnte sulphate ein Wachstumshindernder Faktor werden. Dies konnte geprüft werden in dem Container Versuch, der geplant ist und beschrieben wird.

Für die anderen Elemente, Mn, Ni, P, Sr, Al, Cu, Fe, Ba und Zn waren die Verhältnisse Konzentration im Wasser und in der Biomasse mehr oder weniger gleich und deshalb wohl kaum mit der Wachstumskraft verbunden.

Um diese Beobachtungen vielleicht noch etwas zu verfestigen, mit den Verhältnissen von anderen Populationen die in früheren Jahren beprobt wurden, sind die Elemente (Na, Mg, S und Ca) zusammengefasst (Figur 4). Die Feld Populationen sind Monokulturen von Characean für die Tailings ponds (Pamour, Langmuir, Hollinger and Schumaker, alle in der Timmins Gegend). Die Chara Wasserzusammensetzung von Forsberg, ist eine Kultur Medium, vom Autor Forsberg vorgeschlagen um Charazellen im Labor zu zuchten und er hat auch höhere S Konzentrationen im Kulturwasser als in Pohla vorhanden sind. Die Population Inco und Faclonbridge sind Chara Populationen die in Bergbauwasser von der Levack Site (Inco) oder im Abwasser von einer Neutralisations- Wasser Reiningungs Anlage für das tailings Abwasser von den Fault lake tailings (Falconbridge, Sudbury gepflanzt wurden. Das Abwasser von Falconbridge ist also mit Calciumsulfat gesättigt und dieses neutralisierte Wasser ist auch hoch in allen anderen Werten



der Elemente . Die Biomasse wurde von Manitoulin Island (Central Ontario) in beide Inco und Falconbridge Wasser verpflanzt.

Vom Vergleich dieser Populationen sieht es aus als ob in den Feldpopulationen die Kalzium Konzentration in der Chara immer recht hoch sind und das Wasser mindestens 50 mg/L enthält. Das ist in der gleichen Konzentrationsspanne wie das Wasser von Pohla. Damit sieht es aus dass für Pohla keine Zugabe von Kalzium unbedingt nötig ist.

Sodium, ist in einer Konzentration um 5 mg/l vorhanden und Schwefel scheint in allen Gewässern über 10 mg/l zu sein wie auch als Mg in den Feld-Populationen um 10 mg/L liegt, was nicht der Fall ist in MTL Wasser. Die detaillierten Daten für Figur 4 sind im Appendix unter Tabelle 4 gegeben.

Diese Beobachtungen und die Ableitungen von diesen Auswertung kann zu einer Formulierung einer Hypothese dienen, falls Probleme mit der Besiedlung des Pohla Beckens auftreten.

#### **6.4. 1.4 Keimungsbedingungen von Oosporen**

Versuche sind ausgeführt worden, die die Keimung der Oosporen aufklären sollten. In Figur 5 sind diese Resultate zusammen gefasst . Auf Grund von Versuchen, die ausgeführt worden sind von 1992 bis 1994 mit der Species Nitella, hat sich rausgestellt, dass die Keimung von Oosporen ausgelöst werden kann, durch Änderung des Eh Wertes. Diese Versuche wurden wiederholt mit Chara vulgaris und der gleichen Resultate wurden erarbeitet. Nach dem die Oosporen natürlich von der Biomasse abgefallen (Dehiscence) treffen sie im Sediment einen negativen Eh Wert an. Wenn der Eh Wert ansteigt, dann kann das ein Signal sein , dass die Biomasse die normalerweise über dem Sediment wächst nicht mehr vorhanden ist und sich damit auch die Lichtbedingungen ändern. Dieses signal hat einen normalen Zyklus mit ökologischem Sinn, da im Frühjahr und im Herbst sich in Seen und Teichen das Wasser ganz durchmischt und damit Eh Änderungen und der Interphase Sediment und Wasser zu erwarten sind, wenn die Chara Biomasse abgestorben sein sollte. Das kann in der Natur vorkommen wenn sich der Wasserspiegel ändert und das Eis bis aufs Sediment vorrückt im Winter. Andere Gründe können

auch Dambrüche sein. Im Pohla System sollte das aber nicht vorkommen, da ja der Wasser Zulauf und Ablauf reguliert ist. Im Appendix ist die Zusammenfassung von allen Keimungsversuchen gegeben in English und die Literatur die dazu gehört ist auch inbegriffen.

Wenn in den Aquarien Versuchen der Eh Wert an der Oberfläche des Sedimentes gemessen wurde sieht es aus, ob ein niedriger Eh Wert mit gutem Wachstum und vielleicht auch Regeneration zu tun hat, da nur IRRL und MTL die Eh werte positive ausfielen, was nicht der Fall ist für die 4 best wachsenden Populationen (Tabelle 4b). Das Wasser in den Aquarien hat aber einen positiven Eh Wert (Tabelle 4a). Diese Beobachtungen scheinen mit dem Keimverhalten und dem Wachstum verbunden zu sein. Davon wurde man schließen dass im Pohla Becken dem Sediment doch etwas organisches beigegeben werden sollte , nicht nur reiner Sand und Kies der über den Hyperlon liner sowieso gelegt werden muss, denn Organic braucht es für einen negativen Eh Wert im Sediment.

Von diesen Resultaten ist es klar, dass für die Besiedlung des Pohla Beckens, vorgekeimte Oosporen benutzt werden müssen, da es nicht einfach ist Eh Änderungen im Sediment künstlich zu simulieren. Es wurde versucht eine Mischung von Sediment mit Eisen und Organischem Material herzustellen, doch das hat nur höchst unzufriedene Resultate gegeben da sich eine undurchsichtige Bruhe entwickelte.

Ein Versuch läuft in dem Vorgekeimte und nicht Vorgekeimte Oosporen in verschiedenen Sediment Kombinationen / Wasser Kombination ausgesetzt sind. (Tabelle 5) . Die Resultate sind ganz einfach, da sich die Pflanzen entwickeln eindeutig im klaren Wasser auf Sand und Leitungswasser entwickeln was die Zugabe von organischem Material nicht nötig machen wurde. Wie sich nun aber die Pflanzen weiter entwickeln, das ist noch nicht zu ersehen aus den Versuchen. Da aber alle Feld Sedimente organische Werte haben, und auch das Wachstum in den Sedimenten mit organischen Material gut ist, ist es empfohlen Organic in der Form von einer Blumenerde oder etwas ähnlichem dem Sediment in dem neuen Pohla Becken beizumischen.

Um die Container Versuche anzusetzen wird vorgeschlagen, die eine Mischung von Blumenerde oder was gebraucht wurde als organische Beilage dem Sand/Kies in den Versuchen

die vom Wismut labor ausgeführt wurden. Sand und ein bisschen Kalkstein der vielleicht ein bisschen Schwefel enthält konnte gebraucht werden , da ja diese Versuche Erfolg zum Wachsen von den Oosporen hergegeben haben. Dazu ein Container sollte Sand und Kalkstein alleine enthalten, damit wir feststellen können ob die Hypothese die hier formuliert wurde auf Grund der Beobachtungen auch Fuß und Boden hat. Es wäre auch gut wenn diese Materialien auf Schwefelgehalt hin analysiert wurden, denn es sieht aus also ob das Pohla Wasser wenig Schwefel hat. Aber auf der anderen Seite wächst das Unkraut ja in dem Pohla Wasser, aber mit mehr Schwefel konnten die Algen möglicherweise besser wachsen.

#### **6.4. 1.5 Schlussfolgerungen**

Aus diesen einfachen, begleitenden Versuchen für die Besiedlung des Pohla Beckens geht klar hervor, dass noch viele Fragen offen stehen, die wissenschaftlich ausgearbeitet werden konnten. Die bearbeiteten Daten weisen jedoch drauf hin, dass keine offensichtlichen Gründe vorliegen, wieso die Chara nicht in dem Pohla Becken wachsen sollte. Wie weit nun weitere Fragen auf bestes Wachstum und beste Bedingungen für die Regeneration und Beständigkeit der Population adressiert werden sollten, ist eine pragmatische Frage. Von den empirischen Daten und Beobachtungen geht es auch hervor, dass sicher am besten weitere Versuche am besten direkt in der Pilot Anlage gemacht werden sollten. Um diese Arbeit möglich zu machen hat Boojum's Mitarbeiter Dr. Andrew Fyson eine Chara Population in der Nahe von Berlin gefunden, die sich in einem kleinen Dam , Teich seit einem Jahr angesiedelt hat, auf Sand. Es ist empfohlen mit diesen Pflanzen weiter zu arbeiten. Die chemische Komposition des Wassers ist erhältlich durch Mitarbeiter and der IGB. Biomasse von dort sollte ins Pohla Pilot System eingesetzt werden, damit wir eine Grundlage für mögliche Wachstums Probleme und Regenerations- kraft der Algen im Pohla Pilot System parat haben.